

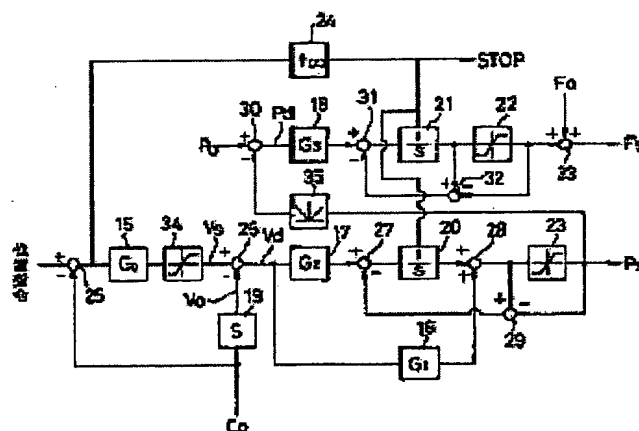
# DRIVER VIBRATION WAVE ACTUATOR

**Patent number:** JP5328757  
**Publication date:** 1993-12-10  
**Inventor:** KATAOKA KENICHI  
**Applicant:** CANON INC  
**Classification:**  
 - International: H02N2/00  
 - european:  
**Application number:** JP19920128841 19920521  
**Priority number(s):**

BEST AVAILABLE COPY

## Abstract of JP5328757

**PURPOSE:** To provide a driver of a vibration wave actuator which can control the driving frequency without monitoring the vibration state of a vibration wave motor and besides, materialize the control being resistant to disturbance, with its wide speed control range.  
**CONSTITUTION:** In the case a pulse width command PS is small, that is, in the case of seeking to decelerate, Pd becomes a positive value, so the value being output through a coefficient element 18, an integrating element 21, a limit element 22 increases to positive, and the frequency command FS being gotten by adding initial frequency FO with an addition element 33 goes to change in high frequency direction, and the speed VO decelerates, so the absolute value of the pulse width command PS increases, and the pulse width comes close to PO. Moreover, in the case that the pulse width command PS becomes larger than the pulse width PO, that is, in the case of seeking to accelerate, the frequency command FS goes to change in low frequency direction, and the speed VO is accelerated, so the absolute value of the pulse width command PS decreases, and the pulse width comes close to PO. This way, the frequency command FS is controlled so that the pulse width command PS may be pulse width PO.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-328757

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 N 2/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 8525-5H

審査請求 未請求 請求項の数9(全 7 頁)

(21)出願番号

特願平4-128841

(22)出願日

平成4年(1992)5月21日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 片岡 健一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ  
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 本多 小平 (外3名)

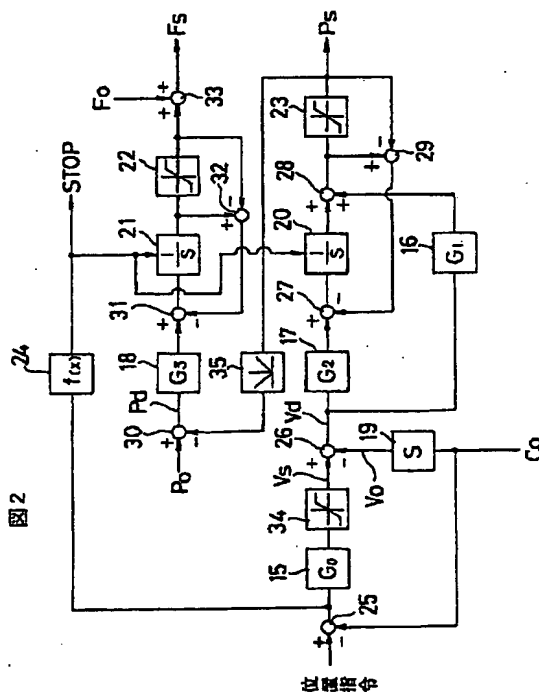
(54)【発明の名称】 振動波アクチュエータの駆動装置

(57)【要約】

(修正有)

【目的】 振動波アクチュエータの振動状態をモニタすることなく駆動周波数をコントロールし、且つ速度制御レンジが広く、外乱に強い制御を実現できる振動波アクチュエータの駆動装置を提供する。

【構成】 パルス幅指令  $P_S$  が小さく、減速しようとする場合、 $P_d$  は正の値になるため、係数要素18と積分要素21、リミット要素22を通して出力される値は正に増加し加算要素33で初期周波数  $F_0$  を加算して得れる周波数指令  $F_S$  は高周波方向に変化して行き、速度  $V_0$  は減速するため、パルス幅指令  $P_S$  の絶対値は増加し、パルス幅は  $P_0$  に近付いていく。又、パルス幅指令  $P_S$  がパルス幅  $P_0$  より大きくなり、すなわち加速しようとする場合は、周波数指令  $F_S$  は低周波方向に変化して行き、速度  $V_0$  は加速されるためパルス幅指令  $P_S$  の絶対値は減少し、パルス幅は  $P_0$  に近付いていく。この様にして周波数指令  $F_S$  はパルス幅指令  $P_S$  がパルス幅  $P_0$  になるように制御される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 位置的位相の異なる複数の駆動相を有する圧電素子等の電気-機械エネルギー変換素子における該複数の駆動相に交流電圧を印加することにより振動弾性体に進行性振動波を形成させ、該振動弾性体と該振動弾性体に加圧接触する部材とを相対的に移動させる振動波アクチュエータの駆動装置において、該振動波アクチュエータの被駆動部材の状態を検出する検出手段と、該検出手段からの検出情報に基づいて設定目標値との偏差を求めると共に、この偏差に応じて電圧に依存する駆動信号を制御する第 1 の制御手段と、該偏差に応じて該駆動信号の電圧の目標値が予め設定され、該電圧の目標値と該第 1 の制御手段の出力情報との偏差に追従して該駆動信号の周波数を制御し、該駆動信号の電圧値を目標値となるように制御する第 2 の制御手段とを有することを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 2】 位置的位相の異なる複数の駆動相を有する圧電素子等の電気-機械エネルギー変換素子における該複数の駆動相に交流電圧を印加することにより振動弾性体に進行性振動波を形成させ、該振動弾性体と該振動弾性体に加圧接触する部材とを相対的に移動させる振動波アクチュエータの駆動装置において、該振動波アクチュエータの被駆動部材の状態を検出する検出手段と、該複数の駆動相に交流電圧の位相差を可変として印加する位相差可変手段と、該検出手段からの検出情報に基づいて設定目標値との偏差を求めると共に、この偏差に応じて該位相差可変手段の位相差を制御する駆動信号を出力する手段と、該駆動信号により該位相差可変手段から出力される交流電圧の周波数を目標値に制御する周波数制御手段とを有することを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、検出手段は位置検出手段であることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 において、検出手段は速度検出手段であることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 5】 請求項 1 又は 2 において、検出手段はトルク検出手段であることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 6】 請求項 1、3、4 又は 5 において、第 1 の制御手段と第 2 の制御手段とにより制御された駆動信号は振動波アクチュエータの各駆動相に位相差を有して交流電圧を印加する手段を有することを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 7】 請求項 1、2、3、4、5 又は 6 において、第 1 の制御手段に指示する設定目標値は速度値あるいはトルク値であることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 8】 請求項 1、2、3、4、5、6 又は 7 に

おいて、駆動信号は所定時間内の平均値であることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

【請求項 9】 請求項 1、2、3、4、5、6、7 又は 8 において、振動波アクチュエータの駆動相に印加する交流電圧は、起動時の周波数が振動弾性体の主振動モードの共振周波数より高い所定の周波数に設定されていることを特徴とする振動波アクチュエータの駆動装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は超音波モータに代表される振動波アクチュエータの駆動装置に係り、詳しくは振動検出用等のセンサを用いることなく高精度の駆動が行える振動波アクチュエータの駆動装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 超音波モータに代表される振動波アクチュエータは、金属等の弾性体、例えば長楕円形状に形成された弾性体の一面側に圧電素子を接着固定したものを振動子とし、該圧電素子は分極処理が施されていて、該圧電素子に一定の位相差を有する交流電界を印加することにより、該弾性体の他面側に進行性の振動波を形成する。

【0003】 弾性体の進行性振動波の形成される面を駆動面とし、この駆動面に加圧手段を介して移動部材を接触させることにより、摩擦力により該移動部材を駆動する。この移動部材としては、出力を取り出すロータ、あるいは紙等のシート等がある。

【0004】 このような振動波アクチュエータは、移動部材が振動子の弾性体に常時加圧接触しているため、振動子への駆動を停止すると移動体が直ちに停止するという高精度の位置決めに適した特性を有している。

【0005】 一方、振動波アクチュエータの駆動を行う制御方式には、(1) 特開昭 63-167680 号のように、振動子の圧電素子の一部にセンサ相を設け、駆動電圧の周波数を振動子の共振周波数となるようにし、電圧で速度を制御する方式、(2) 特開昭 59-156168 号のように、周波数で直接速度を制御する方式、

(3) 特開昭 63-1379 号のように、振動子の圧電素子に振動状態を検出するセンサ相を設け、その検出値に応じて周波数を制御する方式、等がある。

【0006】 なお、振動波アクチュエータの周波数-速度特性は、共振点を境にして低周波数側が急激に変化し、高周波数側がなだらかに変化する特性を有する傾向にあるため、制御に用いる周波数領域は共振点よりも高周波数側を利用し、したがって速度を増すには周波数を低くして共振点に近付け、減速する場合には周波数を高くして共振点より遠ざけるようにしている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記(1)の制御方式に於いては、センサが必要なためコスト高となる上、センサからのノイズに弱く、又、低速度

制御をする場合駆動電圧が小さくなり、制御が不安定になる上、電圧振幅のみで低速から高速までカバーしなければならないため、設定振幅の分解能を高くする必要があり、全体的にコスト高であった。

【0008】上記(2)の制御方式に於いては、電圧の振幅を一定にするため、起動時の周波数を個々のアクチュエータごとに合わせないと、起動時の速度が一致せず、微小距離の移動をする時にそれぞれの動作が大きく異なってしまう。又、共振周波数近傍で駆動すると、外乱に弱く、非線形な振動特性のために、微かな外乱で共振点よりも低周波数側にシフトし、急停止してしまうことがあった。

【0009】上記(3)の制御方式に於いては、上記(1)の制御方式と同様にセンサが必要のためコスト高な上、センサからのノイズに弱かった。

【0010】本発明の目的は、振動波アクチュエータの振動状態をモニタすることなく駆動周波数をコントロールし、且つ制御レンジが広く、外乱に強い制御を実現できる超音波アクチュエータの駆動装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の目的を実現する具体的構成は、特許請求の範囲に記載した通りで、例えば振動波アクチュエータの移動部材の位置指令等の制御パラメータにより、駆動電圧の周波数を駆動速度や出力トルクに適した値となるように制御し、一方この制御パラメータで駆動速度や出力トルクを制御することによって、振動検出センサなしで周波数を制御できるようにし、高い周波数成分の負荷変動を、周波数以外のパラメータで制御するように各部の制御定数を設定することで、ドリフト的变化や固体差等は周波数により制御し、過渡的变化はこの周波数以外のパラメータで制御するようにしている。

【0012】

【実施例】図1及び図2は本発明の第1の実施例を示すブロック図であり、図1が振動波アクチュエータの駆動回路を示し、図2は、後述するCPUの動作を示すブロック図である。

【0013】図1に於いて1、2は振動波アクチュエータの加振用圧電素子、3、4は昇圧用トランス、5～8はMOSFET、9、10はチョークコイル、11は4相パルス発生回路(以下PGと言う)、12は周波数をデジタル的に設定出来る発振器(以下OSCと言う)、13は不図示の位置検出用エンコーダの出力パルスをカウントするカウンタ、14はこれらの素子をコントロールするCPUである。以下に、PG11の動作を説明してからCPU14の動作を説明する。

【0014】PG11は、パルス信号a、b、c、dを同期信号CKに基づいて所定の順番に出力するもので、パルス幅の指令信号PSによりパルス信号a、b、c、

dの幅が変更される。このパルス幅指令信号は、駆動方向切換のための負号付二進で表わされ、例えば $PS=+6$ の場合におけるパルス信号a、b、c、dの波形図を図4に示す。図4において、 $PS=6$ であるから、パルス信号a、b、c、dのパルス幅がCKの6パルス分の幅を有し、又PSは正值であるからパルス信号は $a \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow d$ の順に出力される。また、 $PS=-4$ の場合におけるパルス信号a、b、c、dの波形図を図5に示す。この例では、パルス信号a、b、c、dのパルス幅はCKの4パルス分の幅を有し、又PSは負値であるから、パルス信号は $a \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow c$ の順で出力される。

【0015】PG11からのパルス信号a、b、c、dはMOSFET5、6、7、8に出力され、これらを交互にオン、オフすることでトランス3、4の二次側に高圧の交流電圧を発生させ、これを圧電素子1、2に印加する。

【0016】なお、OSC12より出力される同期信号CKの周波数はCPU14からの周波数指令信号FSにより制御され、PG11の信号a、b、c、dはデューティが制御されることになる。またCPU14からのSTOP信号によりPG11からのパルス信号a、b、c、dを出力するかしないかが制御される。

【0017】以下にCPU14を図2、図3を用いて説明する。

【0018】図2は位置制御の為のブロック図である。15、16、17、18は増幅率 $G_0$ 、 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ の係数要素、19は微分要素、20、21は積分要素、22、23、34はリミット要素、25、26、27、28、29、30、31、32、33は加算要素、35は絶対値要素、24は関数 $f(x)$ を示しており、入力がゼロの時のみ出力が1になる関数である。

【0019】先ず、位置指令が加算要素25に入力されると、不図示の位置検出用エンコーダからのパルスをカウンタ13でカウントした値である $C_0$ との差をとり、係数要素15で $G_0$ を掛け、リミット要素34で正負の所定の最大速度以上の場合は最大速度とし、それ以外の場合はそのまま速度指令 $V_S$ とする。

【0020】一方カウンタ値 $C_0$ を微分要素19で微分し、実際の速度 $V_0$ を算出し、加算要素26により速度指令 $V_S$ との差 $V_d$ を得る。次に $V_d$ を係数要素17で係数 $G_2$ を乗じた後に、積分要素20で積分したものと、 $V_d$ に係数要素16で係数 $G_1$ を乗じたものを加算要素28で加算し、これをリミット要素23を通してパルス幅指令PSを出力する。

【0021】ここで、パルス幅指令PSの制御の動作についてわかりやすく説明する。速度指令 $V_S$ は位置指令と実際の位置 $C_0$ との差に比例した速度指令となっており、リミット要素34によって最大速度の制限を与えられている。

【0022】この速度指令 $V_S$ に対して、実際の位置の

単位時間あたり変化を検出して得られた速度 $V_0$ が遅いものとし、又、速度指令 $V_S$ が正の値であったとする。すると、 $V_d$ は正の値によりパルス幅指令 $PS$ は係数要素16を通して正のパルス幅に設定される。更に実際の速度 $V_0$ が遅ければ、積分要素20によってパルス幅が増加して速度 $V_0$ が更に加速される。

【0023】次に実際の速度 $V_0$ が速度指令 $V_S$ より速くなると、 $V_d$ は負の値になり、積分要素20の出力は減少して行き、係数要素16の出力は負の値になるため、パルス幅指令 $PS$ は減少して行き、速度 $V_0$ が減速される。この様にして速度 $V_0$ が速度指令 $V_S$ に制御される。又、速度指令 $V_S$ が負の値になると、実際の速度 $V_0$ が遅ければ、 $V_d$ は負の値になる。すると、パルス幅指令 $PS$ は係数要素16を通して負のパルス幅に設定され上記例とは逆方向に動き出す。更に実際の速度 $V_0$ が遅ければ積分要素20によってパルス幅の絶対値は増加して速度 $V_0$ が更に加速される。

【0024】次に実際の速度 $V_0$ が速度指令 $V_S$ より速くなると、 $V_d$ は正の値になり、積分要素20の出力は正の方向に変化し、係数要素16の出力は正の値になるため、パルス幅指令 $PS$ の絶対値は減少し速度 $V_0$ が減速される。この様にして逆方向の動作も同様にして制御される。

【0025】次にリミット要素23及び加算要素27、29の動作を簡単に説明する。リミット要素23はパルス幅の正負の最大値を制限するものである。リミット要素23に入力する速度が正方向の制限を超えた場合、パルス幅指令 $PS$ は正の最大パルス幅となり、加算要素29の出力はこれらの差をとることによって制限を超える分の値となり、加算要素27で積分要素20の入力から超過分を引くことで積分要素20の出力を減少させる。つまり、リミット要素23によって制限される入力があると、積分要素20の出力が増加しないようにこれらの回路が動作するため、積分要素20の出力を有効に利用することが出来るように構成したものである。

【0026】次に、図2における周波数指令 $FS$ の設定アルゴリズムについて説明する。

【0027】振動波アクチュエータの駆動において、起動時における駆動制御を周波数制御に依存すると、周波数を個々のアクチュエータ毎に合わせる必要があり、また共振周波数近傍で駆動すると、外乱に弱い等の問題がある一方、定常状態では駆動速度等の制御において有利である。すなわち、振動波アクチュエータの周波数特性は、共振点を境にして低周波数側の領域は急激に下がり、高周波数側は緩やかに下がるので、この高周波数側の領域を使用して周波数制御を行うことにより、高精度の速度制御が行える。

【0028】このため、本実施例では起動時等には、電圧制御に依存して速度を例えば逐次増加させている。つまり起動時等においてはパルス幅指令 $PS$ を増加させる

ことで速度を増加させている。

【0029】しかし、定常状態で駆動電圧が変動することは周波数制御において不利であるため、本実施例ではパルス幅を一定のパルス幅( $P_0$ )となるように制御している。

【0030】周波数指令 $FS$ はパルス幅指令 $PS$ が所定のパルス幅 $P_0$ になるように制御されるようになっており、この所定のパルス幅 $P_0$ とは、例えば図3、図6、図7、図8、図9のように、速度指令 $V_S$ に対して決められている。

【0031】ここで同図の $V_{max}$ はリミット要素34の制限値で、 $P_{max}$ はリミット要素23の制限値である。パルス幅指令 $PS$ は絶対値要素35を通して加算要素30に入力される。そしてパルス幅 $P_0$ とパルス幅指令 $PS$ の絶対値の差をとる。

【0032】ここでパルス幅指令 $PS$ が小さく、減速しようとする場合、 $P_d$ は正の値になるため、係数要素18と積分要素21、リミット要素22を通して出力される値は正に増加し加算要素33で初期周波数 $F_0$ を加算して得られる周波数指令 $FS$ は高周波方向に変化して行き、速度 $V_0$ は減速するため、パルス幅指令 $PS$ の絶対値は増加し、パルス幅は $P_0$ に近付いていく。又、パルス幅指令 $PS$ がパルス幅 $P_0$ より大きくなり、すなわち加速しようとする場合は、周波数指令 $FS$ は低周波方向に変化して行き、速度 $V_0$ は加速されるためパルス幅指令 $PS$ の絶対値は減少し、パルス幅は $P_0$ に近付いていく。この様にして周波数指令 $FS$ はパルス幅指令 $PS$ がパルス幅 $P_0$ になるように制御される。リミット要素22及び加算要素31、32の動作は上記したリミット要素23及び加算要素27、29の動作と同様である。

又、リミット要素22の制限値は振動波アクチュエータの主振動モード( $N$ 次)の共振周波数より低い周波数を下限とし、主振動モード( $N$ 次)の1つ上側のモード( $[N+1]$ 次)の共振周波数より低い主振動モード( $N$ 次)の反共振周波数より高い周波数を上限とする。

【0033】次に、関数要素24の動作を説明する。これは、カウンタ13の出力 $C_0$ が位置指令と等しくなると、加算要素25の出力がゼロになり、関数 $f(x)$ は数1の関数に設定されている。

【0034】

【数1】

$$f(x) = \begin{cases} 0 & [x \neq 0] \\ 1 & [x = 0] \end{cases}$$

【0035】 $f(x) = 1$ によって、STOP指令がオンになり、アクチュエータは停止する。また、このSTOP指令は積分要素20、21のリセット入力に接続されており、積分要素20、21はリセット入力が1の時に出力をゼロにする。

【0036】この様に構成することで、速度指令 $V_S$ に

適したパルス幅及び周波数に自動的に設定される。又、上記  $f(x)$  は数 2 のようにすることも出来る。

$$f(x) = \begin{cases} 0 & [x \neq 0 \text{ and } f(x) = 0, |x| > n \text{ and } f(x) = 1] \\ 1 & [x = 0 \text{ and } f(x) = 0, |x| \leq n \text{ and } f(x) = 1] \end{cases}$$

【0038】また、初期周波数  $F_0$  は、振動アクチュエータの製造時の固体差を考慮して主振動モード（ $N$  次）の共振周波数の一番高いものより高く、一つ上側の振動モード（ $[N+1]$  次）の共振周波数の一番低いものより低い周波数である。

#### 【0039】第 2 の実施例

第 1 の実施例は図 1 の PS をパルス幅指令としたが、信号 a, b, c, d のパルス幅を固定し PS を a-c 間及び b-d 間の位相差指令とし、リミット要素 23 の制限値を  $\pm 90^\circ$  とすればパルス幅ゼロで停止、 $P_{\max}$  で最高速になる。また、第 1 の実施例と同様に位相差ゼロでほぼ停止、 $90^\circ$  で最高速になり、符号により正逆転出来るので、第 1 の実施例と同様な制御が可能となる。

#### 【0040】第 3 の実施例

第 1, 第 2 の実施例は図 1 の PS を瞬時の値を制御するために用いているが、例えば、信号 a, b, c, d のパルス幅や、位相差の絶対値を固定し、所定時間内に所定回数位相差の符号を切り換え、該所定時間内の正と負の位相差の平均値の指令を PS としても同様である。

【0041】また、信号 a, b, c, d の位相差の絶対値を固定し、所定時間内に所定回数、所定パルス幅とパルス幅ゼロとを切り換え、該所定時間内のパルス幅の平均値の指令を PS としても同様である。

【0042】なお、上記した各実施例は、振動アクチュエータの移動部材の位置を検出し、設定値を位置指令としているが、移動部材の速度あるいはトルクを検出するようにしても良い。

#### 【0043】

#### 【0037】

#### 【数 2】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば周波数の制御を電圧や位相差の指令値を所定の目標値に制御するよう構成することで振動状態を検出することなく最適な周波数にすることが出来るのでコストを下げる事が出来、又、電圧や位相差と周波数の 2 つのパラメータで速度制御が出来るので、1 つのパラメータのみで制御するより、分解能を 2 つに分散出来る分、それぞれを低分解能に出来、ディジタル化にも有利になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による振動波アクチュエータの駆動装置の第 1 の実施例を示すブロック図。

【図 2】図 1 の CPU の回路図。

【図 3】 $V_S$  に対する  $P_0$  の値を示す図。

【図 4】パルス発生回路の動作を示すタイミングチャート。

【図 5】パルス発生回路の動作を示すタイミングチャート。

【図 6】 $V_S$  に対する  $P_0$  の値を示す図。

【図 7】 $V_S$  に対する  $P_0$  の値を示す図。

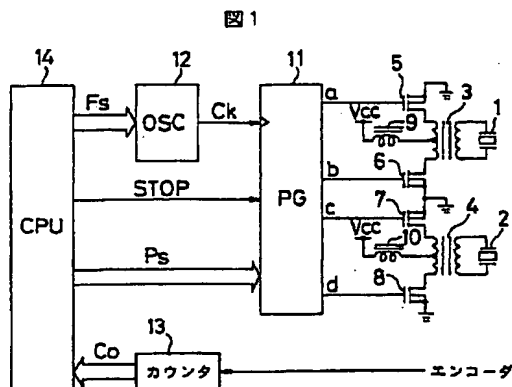
【図 8】 $V_S$  に対する  $P_0$  の値を示す図。

【図 9】 $V_S$  に対する  $P_0$  の値を示す図。

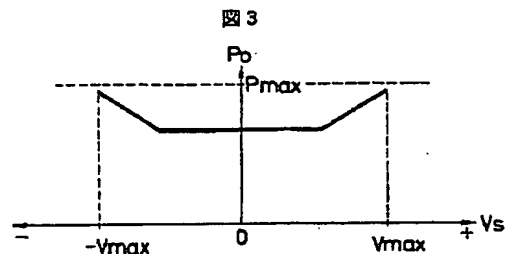
#### 【符号の説明】

- |            |            |
|------------|------------|
| 1, 2…圧電素子  | 3, 4…トランス  |
| 5~8…MOSFET | 11…パルス発生回路 |
| 12…発振器     | 13…カウンタ    |
| 14…CPU     |            |

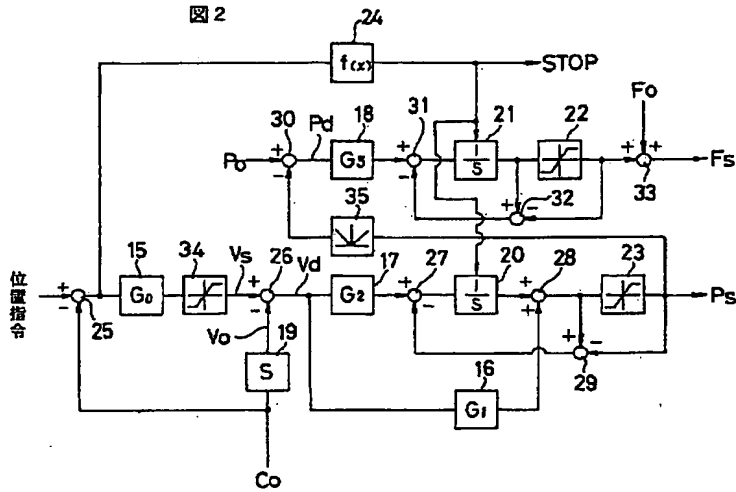
【図 1】



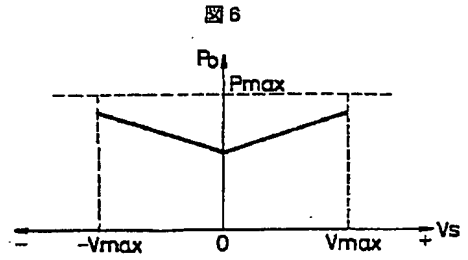
【図 3】



【図 2】

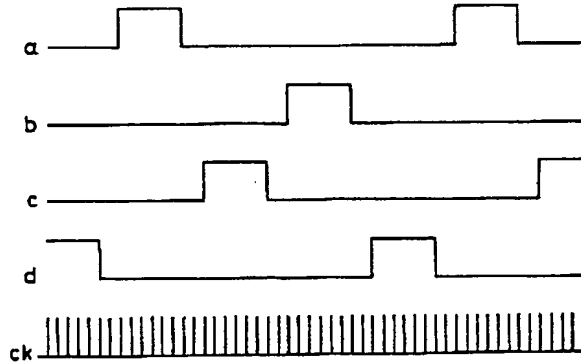


【図 6】



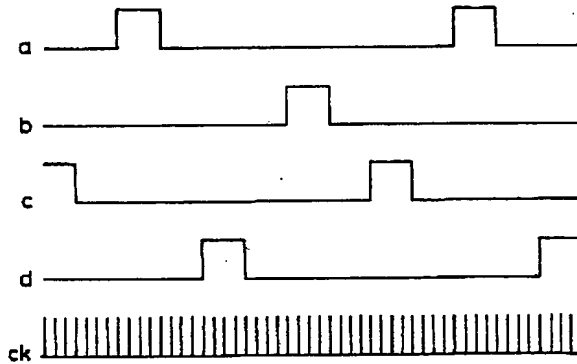
【図 4】

図 4



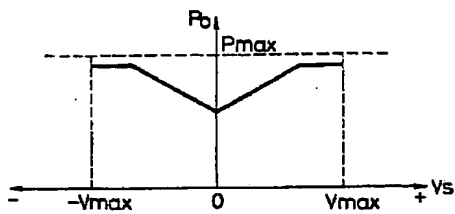
【図 5】

図 5



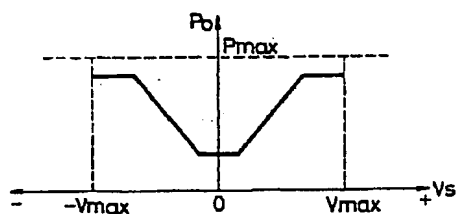
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図9】

図9

